
Indice

Prefazione	XVII
Introduzione	XIX
1 I concetti di base	1
1.1 Oggetto e obiettivi	1
1.2 Il modello geometrico	3
1.3 Il modello dei vincoli	4
1.4 Il modello delle azioni esterne	7
1.5 Il modello del materiale	8
1.6 Il modello della risposta strutturale	8

Parte I I corpi rigidi

2 Cinematica dei corpi rigidi	11
2.1 Obiettivi	11
2.2 Il modello di corpo rigido	11
2.3 Spostamenti rigidi	12
2.3.1 Definizioni	12
2.3.2 Formula generale dello spostamento rigido infinitesimo .	14
2.3.3 Rappresentazione scalare	15
2.3.4 Spostamenti rigidi piani	16
2.3.5 Sistemi di corpi rigidi	16
2.4 Caratterizzazione cinematica dei vincoli	17
2.4.1 Definizioni	17
2.4.2 Caratterizzazione cinematica dei vincoli esterni	18
2.4.3 Caratterizzazione cinematica dei vincoli interni	20
2.4.4 Cedimenti vincolari	22

2.5	Il problema cinematico	23
2.5.1	Posizione del problema	23
2.5.2	Classificazione cinematica per via analitica	23
2.5.3	Classificazione cinematica per via diretta	24
2.6	Esercizi svolti	27
3	Statica dei corpi rigidi	33
3.1	Obiettivi	33
3.2	Le azioni esterne	33
3.2.1	Forza, momento di una forza	33
3.2.2	Sistemi di forze	34
3.2.3	Carichi distribuiti	37
3.3	Caratterizzazione statica dei vincoli	37
3.3.1	Definizioni	37
3.3.2	Caratterizzazione statica dei vincoli esterni	38
3.3.3	Caratterizzazione statica dei vincoli interni	39
3.4	Il problema statico	41
3.4.1	Equazioni cardinali della statica	41
3.4.2	Posizione del problema	41
3.4.3	Classificazione statica	42
3.5	Dualità statico-cinematica	43
3.6	Strutture Reticolari	44
3.6.1	Metodo dei nodi	45
3.6.2	Metodo delle sezioni di Ritter	47
3.7	Esercizi svolti	50
3.8	I vincoli: quadro sintetico	57
3.8.1	Vincoli esterni	57
3.8.2	Vincoli interni	58

Parte II Le travi elastiche monodimensionali

4	Modellazione	61
4.1	Obiettivi	61
4.2	Il modello geometrico	62
4.3	Il modello delle azioni esterne	63
4.4	Il modello del materiale costitutivo	65
4.5	Il modello della risposta strutturale	66
4.5.1	Spostamenti e deformazioni	66
4.5.2	Azioni interne	66

5	Cinematica della trave	69
5.1	Obiettivi	69
5.2	Processo deformativo	70
5.3	Spostamenti e rotazioni	71
5.3.1	Spostamento	71
5.3.2	Rotazione delle sezioni	72
5.3.3	Ipotesi dei piccoli spostamenti	72
5.3.4	Condizioni al contorno su spostamenti e rotazioni	73
5.4	Vincoli esterni: caratterizzazione cinematica	73
5.5	Misure di deformazione	75
5.5.1	Premessa	75
5.5.2	Deformazione assiale	75
5.5.3	Curvatura flessionale	77
5.6	Equazioni implicite di congruenza	78
5.7	Problema cinematico	79
5.8	Esercizi svolti	81
5.9	Complemento: dimostrazione dell'Eq. (5.4)	86
6	Statica della trave	87
6.1	Posizione del problema	87
6.1.1	Obiettivi	87
6.1.2	Definizioni e ipotesi	87
6.1.3	Azioni interne	87
6.1.4	Notazioni	89
6.2	Equazioni indefinite di equilibrio	91
6.3	Problema statico	92
6.4	Leggi e diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione	92
6.5	Esercizi svolti	96
7	Materiale costitutivo	101
7.1	Obiettivi	101
7.2	Fenomenologia	102
7.2.1	La prova uniassiale	102
7.2.2	Comportamento elastico	102
7.2.3	Comportamento plastico e rottura	104
7.2.4	Materiali duttili e materiali fragili	105
7.3	Legame elastico lineare per la trave monodimensionale	106
7.3.1	Comportamento assiale	106
7.3.2	Comportamento flessionale	107
7.4	Distorsioni termiche	108
7.4.1	Variazione termica uniforme	108
7.4.2	Variazione termica <i>a farfalla</i>	108

7.4.3	Variazione termica lineare	109
7.4.4	Equazioni costitutive per la trave monodimensionale ...	110
8	Il problema elastico per la trave	111
8.1	Obiettivi	111
8.2	Posizione del problema	111
8.2.1	Dati	111
8.2.2	Incognite	112
8.3	Formulazione analitica	112
8.3.1	Ipotesi	112
8.3.2	Equazioni risolventi	113
8.3.3	Soluzione	114
8.3.4	Strategie risolutive	114
9	Metodo degli spostamenti: la linea elastica	115
9.1	Obiettivi	115
9.2	Linea elastica	115
9.2.1	Problema assiale	115
9.2.2	Problema flessionale	117
9.2.3	Osservazioni	118
9.3	Esercizi svolti	119
10	Teorema dei Lavori Virtuali	129
10.1	Obiettivi	129
10.2	Definizioni	130
10.2.1	Lavoro	130
10.2.2	Sistema congruente	131
10.2.3	Sistema equilibrato	132
10.2.4	Lavoro Virtuale Esterno	133
10.2.5	Lavoro Virtuale Interno	134
10.3	Teorema dei Lavori Virtuali	135
10.3.1	Enunciato e dimostrazione	135
10.3.2	Risvolti applicativi	136
10.4	Calcolo di spostamenti e rotazioni in strutture isostatiche ...	137
10.5	Esercizi svolti	138
11	Metodo delle Forze	143
11.1	Obiettivi	143
11.2	Sistemi una volta iperstatici	143
11.2.1	Procedura operativa	143
11.2.2	Esempio applicativo	144
11.3	Sistemi più volte iperstatici	150

11.3.1	Procedura operativa	150
11.3.2	Esempio applicativo	151
11.4	Equazioni di Müller-Breslau	155
11.5	Applicazione ai problemi assiali	156
12	Sistemi di travi	159
12.1	Obiettivi	159
12.2	Prestazioni cinematiche e statiche dei vincoli interni	159
12.3	Linea elastica nei sistemi di travi	163
12.4	Calcolo di spostamenti tramite TLV nei sistemi di travi	166
12.5	Analisi strutturale di un portale con il metodo delle forze	169
12.6	Esercizi Svolti	173
<hr/>		
Parte III Il continuo tridimensionale		
<hr/>		
13	Il mezzo continuo: analisi della deformazione	193
13.1	Obiettivi	193
13.2	Processo deformativo	194
13.3	Tensore della deformazione	196
13.4	Interpretazione meccanica delle componenti di \mathbf{E}	198
13.4.1	Significato delle componenti diagonali $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$	198
13.4.2	Significato delle componenti fuori diagonale $\gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}$	199
13.4.3	Decomposizione del processo deformativo	200
13.4.4	Dilatazione cubica	201
13.5	Formula di Cauchy per la deformazione - Direzioni principali della deformazione	202
13.5.1	Stato di deformazione triassiale	204
13.5.2	Stato di deformazione cilindrico	204
13.5.3	Stato di deformazione sferico o idrostatico	204
13.6	Riferimento principale - Circonferenze di Mohr	205
13.7	Equazioni di Congruenza	207
14	Il mezzo continuo: analisi della tensione	209
14.1	Obiettivi	209
14.2	Analisi della tensione	210
14.2.1	La tensione di Cauchy	210
14.2.2	Lemma di Cauchy	211
14.2.3	Decomposizione del vettore tensione di Cauchy	212
14.2.4	Formula di Cauchy	213
14.2.5	Equazioni indefinite di equilibrio	215
14.3	Tensioni e direzioni principali	217

14.3.1 Riferimento principale	218
14.3.2 Stati di tensione	219
14.3.3 Deviatore di tensione - tensione ottaedrica	220
14.3.4 Cambiamento di coordinate	221
14.3.5 L'ellissoide di tensione di Lamé	222
14.3.6 Circonferenze di Mohr	223
14.4 Applicazioni	225
14.4.1 Stato di tensione piano o biassiale	225
14.4.2 Stato di tensione puramente tangenziale	230
14.4.3 Stato di tensione monoassiale	232
14.5 Linee isostatiche	234
15 Il legame elastico lineare	237
15.1 Obiettivi	237
15.2 Determinazione sperimentale delle costanti elastiche	239
15.2.1 Prova a trazione	239
15.2.2 Prova a torsione	240
15.3 Materiali isotropi: la legge di Hooke generalizzata	242
15.4 Caratteristiche meccaniche di alcuni materiali	245
16 Il problema dell'equilibrio elastico: formulazione diretta ed aspetti energetici	247
16.1 Il problema dell'equilibrio elastico	247
16.2 Il Teorema dei Lavori Virtuali	250
16.2.1 Soluzioni parziali del problema dell'equilibrio elastico	251
16.2.2 Enunciato	252
16.3 Il Lavoro di deformazione	253
16.4 Il legame iperelastico diretto	255
16.5 Teoremi Energetici	258
16.5.1 Teorema di Clapeyron	258
16.5.2 Teorema di Betti	258
16.5.3 Teorema della minima energia potenziale totale	259
16.5.4 Teorema della minima energia potenziale complementare totale	260

Parte IV Il cilindro di Saint Venant

17 Il problema di Saint Venant	263
17.1 Obiettivi	263
17.2 Posizione del problema	263
17.2.1 Postulato di Saint Venant	264

17.2.2 Sollecitazioni semplici e composte	265
17.3 Soluzione	267
17.3.1 Metodo semi-inverso	267
17.3.2 Stato tensionale	267
17.4 Equivalenza statica	269
18 Forza normale centrata. Flessione retta	271
18.1 Obiettivi	271
18.2 Forza normale centrata	271
18.2.1 Posizione del problema	271
18.2.2 Soluzione	272
18.3 Flessione uniforme retta	273
18.3.1 Posizione del problema	273
18.3.2 Soluzione	274
18.3.3 Flessione retta M_y	278
18.4 Esercizi svolti	281
19 Flessione deviata. Tensoflessione, Pressoflessione	287
19.1 Obiettivi	287
19.2 Flessione uniforme deviata	287
19.2.1 Posizione del problema	287
19.2.2 Soluzione	287
19.3 Presso (Tenso) flessione deviata. Forza normale eccentrica	290
19.3.1 Posizione del problema	290
19.3.2 Soluzione	290
19.3.3 Forza normale eccentrica	292
19.3.4 Nocciolo centrale d'inerzia	295
19.4 Osservazioni	296
19.5 Esercizi svolti	300
20 Torsione uniforme	307
20.1 Obiettivi	307
20.2 La torsione nelle sezioni circolari	308
20.3 La torsione nelle sezioni compatte di forma qualsiasi	311
20.3.1 Il problema di Neumann	311
20.3.2 Sezione ellittica	314
20.3.3 Sezioni poligonali	316
20.4 L'analogia idrodinamica	316
20.5 Sezione rettangolare sottile	318
20.6 Sezioni aperte composte da rettangoli sottili	321
20.7 Sezioni cave a parete sottile	323
20.7.1 La sezione circolare cava	323

20.7.2 Teoria approssimata di Bredt	324
20.8 Confronto fra sezioni sottili aperte e chiuse	329
20.9 Sezioni sottili composte	330
20.10 Complemento: ripartizione del momento torcente nelle sezioni aperte composte da rettangoli sottili	332
20.11 Considerazioni riassuntive	333
20.12 Esercizi svolti	335
21 Flessione e taglio	341
21.1 Obiettivi	341
21.2 Distribuzione delle tensioni normali	342
21.3 Distribuzione delle tensioni tangenziali: trattazione approssimata di Jourawsky	343
21.3.1 Considerazioni intuitive	343
21.3.2 La formula di Jourawsky	344
21.3.3 Applicabilità della formula di Jourawsky	347
21.4 Sezioni sottili aperte	348
21.4.1 Sezione rettangolare sottile	348
21.4.2 Sezione sottile a doppio T	350
21.4.3 Sezioni sottili a U e H	353
21.4.4 Osservazioni generali	353
21.5 Sezioni sottili chiuse	354
21.5.1 Sezione scatolare simmetrica	355
21.6 Taglio retto secondo x	356
21.7 Taglio deviato	357
21.8 Sezioni compatte simmetriche	358
21.9 Sollecitazione composta di taglio retto e torsione	359
21.9.1 Considerazioni intuitive	359
21.9.2 Il centro di taglio	359
21.9.3 Esempio	361
21.9.4 Determinazione del centro di taglio	362
21.10 Esercizi svolti	364

Parte V Analisi e verifica strutturale

22 I criteri di resistenza	373
22.1 Generalità	373
22.2 Criteri di resistenza per materiali fragili	375
22.3 Criteri di resistenza per materiali duttili	378

23 Il fenomeno dell'instabilità strutturale	383
23.1 Obiettivi	383
23.2 Definizioni e ipotesi	385
23.3 Analisi di stabilità in travi rigide con vincoli elastici	387
23.4 L'asta di Eulero	390
23.5 Curve di stabilità, snellezza	395
23.6 Esercizio svolto	396
24 La trave: analisi e verifica strutturale	399
24.1 Obiettivi	399
24.2 La verifica delle travi in condizioni di esercizio	400
24.2.1 Estensione della teoria di Saint Venant	400
24.2.2 Criteri di resistenza per il solido di Saint Venant	401
24.2.3 Procedura operativa	403
24.3 Esempio di ricapitolazione	404
25 Cenni sul Metodo degli Elementi Finiti	413
25.1 Generalità	413
25.2 Metodo degli elementi finiti: approccio agli spostamenti	413
25.3 Elementi finiti <i>trave</i>	415
25.4 Elementi finiti piani triangolari	417
25.5 Metodo degli <i>EF</i> congruenti: formulazione	420
25.6 Considerazioni conclusive sul MEF congruenti	424

Parte VI APPENDICI

Geometria delle aree	427
A.1 Baricentro	427
A.2 Momenti di inerzia	428
A.3 Formule di trasporto e di rotazione	429
A.4 Momenti principali di inerzia	431
A.5 Ellisse centrale di inerzia	432
A.6 Casi notevoli	433
Schemi statici ricorrenti	435
B.1 Mensola	435
B.2 Trave appoggiata	436
B.3 Trave incastro-appoggio	438
B.4 Trave incastrata ai due estremi	440
B.5 Trave continua	440
B.6 Telaio	442

Indice

Riferimenti bibliografici 443

Indice analitico 445